

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 37 16 393 A 1

⑯ Int. Cl. 4:

F 25 B 49/00

F 25 B 5/00

F 25 B 29/00

⑯ Aktenzeichen: P 37 16 393.0

⑯ Anmeldetag: 15. 5. 87

⑯ Offenlegungstag: 19. 11. 87

Rehördeneigentum

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

15.05.86 US 863593

⑯ Anmelder:

Copeland Corp., Sidney, Ohio, US

⑯ Vertreter:

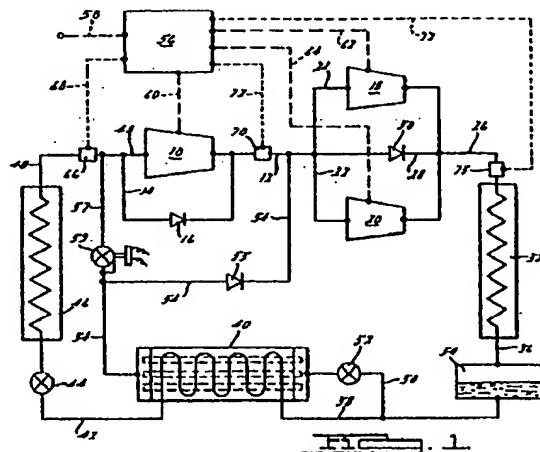
Hauck, H., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 8000 München; Schmitz, W., Dipl.-Phys.; Graalfs, E., Dipl.-Ing., 2000 Hamburg; Wehnert, W., Dipl.-Ing., 8000 München; Döring, W., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 4000 Düsseldorf

⑯ Erfinder:

Shaw, David Norton, Unionville, Conn., US

### ⑯ Kälteanlage

Beschrieben wird eine Kälteanlage mit mehreren Verdichterstufen, verschiedenen Betriebsweisen, einem Economizer zum Unterkühlen des kondensierten Kältemittels vor seiner Verdampfung im Verdampfer. Ferner wird beschrieben eine verbesserte Expansionsventilanordnung zur Regelung der Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe, eine weitere Ventilanordnung zur Regelung der Economizer-Flüssigkeitsauslaßtemperatur, ein Zwischenstufen-Zwischenkühler zum Betrieb in einer Heißwasseranlage, eine Zusatzverdichteranordnung für extrem tiefe Temperaturen und eine Flüssigkeits-Wärmetauscheranordnung.



DE 37 16 393 A 1

DE 37 16 393 A 1

## Patentansprüche

1. Kältemittelanlage, gekennzeichnet durch eine erste Verdichterstufe (10) mit veränderlicher Förderleistung, eine zweite Verdichterstufe (18, 20) mit veränderlicher Förderleistung, eine kompressibles Kältemittel führende Leitungsverbindung (12), die die erste Verdichterstufe (10) mit der zweiten Verdichterstufe (18, 20) verbindet, eine Motoreinrichtung für den Antrieb der ersten und zweiten Verdichterstufe und eine Regeleinrichtung (56) zum Regeln der ersten Verdichterstufe (10) und der zweiten Verdichterstufe (18, 20), wobei die Regeleinrichtung (56) so betreibbar ist, daß sie die Förderleistung der ersten Verdichterstufe (10) ändert, während die zweite Verdichterstufe (18, 20) arbeitet, um die Förderleistung der zweiten Verdichterstufe (18, 20) zu verringern, wenn ein Auslaßzustand der ersten Verdichterstufe (10) ein vorgegebenes Minimum erreicht, und um danach die Förderleistung der ersten Verdichterstufe (10) zu erhöhen, während die verbleibende zweite Verdichterstufe zu arbeiten fortfährt. 5

2. Kälteanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) so betreibbar ist, daß sie eine der Verdichterstufen vollständig abschaltet, und daß eine Bypasseinrichtung (14; 28) vorgesehen ist, die dem Kältemittel die Umgehung der abgeschalteten Verdichterstufe erlaubt. 25

3. Kälteanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die besagte eine Verdichterstufe die erste Verdichterstufe (10) ist. 30

4. Kälteanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die besagte eine Verdichterstufe die zweite Verdichterstufe (18, 20) ist. 35

5. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Verdichterstufe (10) einen Vorverdichter veränderlicher Förderleistung und die zweite Verdichterstufe zwei parallelgeschaltete Verdichter (18, 20) aufweist. 40

6. Kälteanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Verdichter der zweiten Verdichterstufe (18, 20) ein Verdichter konstanter Förderleistung ist. 45

7. Kälteanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der beiden Verdichter der zweiten Verdichterstufe (18, 20) ein Verdichter veränderlicher Förderleistung ist. 50

8. Kälteanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) so ausgebildet ist, daß sie bei Feststellen einer Lastabnahme die Förderleistung des Vorverdichters (10) bis zu einem Punkt verringert, an dem einer der beiden Verdichter (18, 20) der zweiten Verdichterstufe abgeschaltet werden konnte, wobei die Regeleinrichtung bei einer weiteren Lastabnahme die Förderleistung des Vorverdichters bis zu seinem Minimum verringert, wobei die Regeleinrichtung anschließend den verbleibenden Verdichter der zweiten Verdichterstufe zur Lastbefriedigung zyklisch betreibt. 55

9. Kälteanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) so ausgebildet ist, daß sie bei Feststellen einer Lastabnahme zunächst die Förderleistung des Vorverdichters (10) bis zu einem Punkt verringert, an dem einer der beiden Verdichter der zweiten Verdichterstufe ab-

geschaltet werden konnte, wobei die Regeleinrichtung bei einer weiteren Lastabnahme die Förderleistung des Vorverdichters weiter verringert, bis der Verdichter der zweiten Stufe abgeschaltet werden kann, wobei die Regeleinrichtung anschließend die Förderleistung des Vorverdichters zur Lastbefriedigung moduliert.

10. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kondensator (32) und ein Verdampfer (46) zwischen den Auslaß der zweiten Verdichterstufe (18, 20) und den Einlaß der ersten Verdichterstufe (10) in Reihe geschaltet sind, wobei ferner ein Kältemittel-Kühler (40) zum Unterkühlen des vom Kondensator zum Verdampfer strömenden Kältemittels vorgesehen ist.

11. Kälteanlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühler (40) so ausgebildet ist, daß er normalerweise einen Teil des kondensierten Kältemittels stromab des Kondensators (32) zum Unterkühlen des zum Verdampfer (46) strömenden Kältemittels expandiert, und daß ferner eine Einrichtung (54) zum Zuführen dieses expandierten Kältemittelteils zu der Leitungsverbindung (12) zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe (10) und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe (18, 20) vorgesehen ist.

12. Kälteanlage nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (57, 59) zum Übertragen dieses expandierten Kältemittels von der Leitungsverbindung (12) zum Einlaß der ersten Verdichterstufe (10) bei abgeschalteter zweiter Verdichterstufe (18, 20).

13. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die erste und zweite Verdichterstufe die primäre Motor-Verdichtereinrichtung bilden, gekennzeichnet durch einen primären Verdampfer (46), einen sekundären Tiefsttemperatur-Verdampfer (600), einen Kondensator (32), eine sekundäre Motor-Verdichtereinrichtung (608), eine kompressible Kältemittel führende erste Leitungsverbindung, die die primäre Motor-Verdichtereinrichtung (46), den Kondensator (32) und den primären Verdampfer (46) in Reihe geschaltet und in einer geschlossenen Schleife verbindet, und eine kompressible Kältemittel führende zweite Leitungsverbindung, die den Kondensator (32), den sekundären Verdampfer (600), die sekundäre Motor-Verdichtereinrichtung (608) und die primäre Motor-Verdichtereinrichtung (10) in Reihe geschaltet verbindet, wobei die zweite Leitungsverbindung mit der primären Motor-Verdichtereinrichtung an einem Zwischenstufenpunkt verbunden ist.

14. Kälteanlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die sekundäre Motor-Verdichtereinrichtung (608) eine Motor-Verdichtereinrichtung konstanter Förderleistung ist.

15. Kälteanlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die sekundäre Motor-Verdichtereinrichtung (608) eine drehzahlveränderliche Motor-Verdichtereinrichtung ist.

16. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 13 – 15, dadurch gekennzeichnet, daß die sekundäre Motor-Verdichtereinrichtung (608) eine kleinere Förderleistung als die primäre Motor-Verdichtereinrichtung (10) hat.

17. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 13 – 16, gekennzeichnet durch einen Economizer (40), der

zwischen den Kondensator (32) und beide Verdampfer (46, 600) geschaltet ist, um einen Teil des kondensierten Kältemittels aus dem geschlossenen Kreislauf stromab des Kondensators zu expandieren, um zu den Verdampfern strömendes Kältemittel zu unterkühlen, und eine Einrichtung zum Zuführen dieses expandierten Kältemittelteils zu der primären Motor-Verdichtereinrichtung an einem Zwischenstufenpunkt. 5

18. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 13 – 17, 10 gekennzeichnet durch einen Wärmetauscher (200), der zwischen den Stufen der primären Motor-Verdichtereinrichtung (10, 18, 20) angeordnet ist, einen Heißwassererhitzer/Speichertank und eine Einrichtung zum Zuführen von Speisewasser zu dem Heißwassererhitzer/ Speichertank über den Wärmetauscher zum Zwischenkühlen des Zwischenstufenkältemittels. 15

19. Kälteanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Verdichterstufe mindestens 20 zwei Motor-Verdichter (100, 102) aufweist, von denen mindestens einer ein drehzahlveränderlicher Motor-Kompressor ist und beide parallelgeschaltet sind, und daß ein Inverter-Antrieb (110) für den drehzahlveränderlichen Motor-Verdichter (100) 25 der ersten Verdichterstufe vorgesehen ist, wobei der Inverter Teil der Regeleinrichtung (56) ist.

20. Kälteanlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß beide Motor-Verdichter (100, 102) der ersten Verdichterstufe drehzahlveränderliche Motor-Verdichter sind. 30

21. Kälteanlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) getrennte Inverter (110) für den Antrieb jedes der Motor-Verdichter (100, 102) enthält. 35

22. Kälteanlage nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) so betreibbar ist, daß sie die Drehzahl beider Motor-Verdichter bei Lastabnahme bis zu dem Punkt verringert, an dem einer der beiden Motor-Verdichter mit besseren Wirkungsgrad die Last betriedigen kann, und um an diesem Punkt einer der beiden Motor-Verdichter der ersten Verdichterstufe abzuschalten. 40

23. Kälteanlage nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Motor-Verdichter (100, 102) im wesentlichen die gleiche Förderleistung haben. 45

24. Kälteanlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Motor-Verdichter (100) normalerweise inverterbetrieben und der andere Motor-Verdichter (102) normalerweise netzbetrieben ist. 50

25. Kälteanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) so betreibbar ist, daß sie bei Lastabnahme die Drehzahl des ersten Motor-Verdichters (100) verringert. 55

26. Kälteanlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) bei einer weiteren Lastabnahme den zweiten Motor-Verdichter (102) abschaltet und die Drehzahl des ersten Motor-Verdichters (100) zum Lastausgleich erhöht. 60

27. Kälteanlage nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (56) bei einer weiteren Lastabnahme den ersten Motor-Verdichter (100) abschaltet und die Inverterleistung an den zweiten Motor-Verdichter (102) überträgt, um 65

für eine veränderliche Förderleistung bei sehr niedriger Last zu sorgen.

28. Kälteanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß ein Motor-Verdichter (100) eine größere Förderleistung als der andere Motor-Verdichter (102) hat.

29. Kälteanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Wärmetauscher (200), der in der Leitungsverbindung (12) angeordnet ist, einen Heißwassererhitzer/ Speichertank und eine Einrichtung zum Zuführen von Speisewasser zum Heißwassererhitzer/Speichertank über den Wärmetauscher, um das Kältemittel in der Leitungsverbindung zwischenzukühlen.

30. Kälteanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Kondensator (32), einen Verdampfer (46), wobei die erste Leitungsverbindung die erste Verdichterstufe (10), die zweite Verdichterstufe (18, 20), den Kondensator (32) und den Verdampfer (46) in Reihe geschaltet in einem geschlossenen Kreislauf, und zwar in dieser Reihenfolge, verbindet, einen Economizer (40), der zwischen den Kondensator (32) und den Verdampfer (46) geschaltet ist, um einen Teil des kondensierten Kältemittels aus dem geschlossenen Kreislauf stromab des Kondensators (32) zu expandieren, um das zum Verdampfer (46) strömende Kältemittel zu unterkühlen, eine zweite Leitungsverbindung (54) zum Zuführen des expandierten Kältemittelteils zu einem Zwischenstufenpunkt zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe (10) und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe (18, 20), und ein in der zweiten Leitungsverbindung (54) angeordnetes druckempfindliches Ventil (400), das auf den Druck in dieser Leitungsverbindung zwischen dem Ventil (400) und dem Economizer (40) anspricht, um eine Drosselwirkung auszuüben, wenn dieser Druck unter denjenigen Druck abfällt, der zur Aufrechterhaltung der minimalen Economizer-Flüssigkeitsauslaßtemperatur erwünscht ist.

31. Kälteanlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß derjenige Teil der ersten Leitungsverbindung (12), der Flüssigkeit an den Verdampfer (32) abgibt, in Wärmeübertragungsbeziehung zu demjenigen Teil der ersten Leitungsverbindung steht, der den Dampf vom Verdampfer wegführt.

32. Kälteanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Verdichterstufe (10) mindestens einen drehzahlveränderlichen Motor-Verdichter und die zweite Verdichterstufe (18, 20) mindestens einen drehzahlveränderlichen Motor-Verdichter aufweist, der in Strömungsverbindung mit der ersten Verdichterstufe steht, und daß ferner eine Leistungsversorgungseinrichtung vorgesehen ist, die der Regeleinrichtung zugeordnet ist, um jeden der Motor-Verdichter mit Leistung zu versorgen, wobei die Leistungsversorgungseinrichtung versehen ist mit einem Regler für einen drehzahlveränderlichen Motor, der normalerweise mit dem Motor-Verdichter der ersten Verdichterstufe verbunden ist, um dessen Förderleistung zu ändern, und mit einer Einrichtung zum Entregen des Motor-Verdichters der ersten Verdichterstufe und zum Verbinden des Motor-Reglers mit dem Motor-Verdichter der zweiten Stufe, um bei niedriger Last dessen Förderleistung zu verändern.

33. Kälteanlage nach Anspruch 32, dadurch ge-

kennzeichnet, daß der Motor-Verdichter der zweiten Verdichterstufe im normalen Lastbereich bei konstanter Drehzahl betreibbar ist, wobei die Leistungsversorgungseinrichtung die Drehzahl und somit die Förderleistung des Motor-Verdichters der ersten Verdichterstufe in Abhängigkeit von der Last ändert.

34. Kälteanlage nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsversorgungseinrichtung bei einer Last unterhalb des normalen Lastbereiches den Motor-Verdichter der ersten Verdichterstufe entregt und anschließend die Drehzahl und somit die Förderleistung des Motor-Verdichters der zweiten Verdichterstufe in Abhängigkeit von der Last ändert.

35. Kälteanlage nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß sich die beiden Lastbereiche teilweise überlappen.

36. Kälteanlage nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Überlappung ungefähr 10% bis 25% des Bereiches zwischen Nullast und Maximallast beträgt.

37. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 34 – 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsversorgungseinrichtung zu dem Motor-Verdichter der zweiten Verdichterstufe umschaltet, wenn sich hierdurch der Wirkungsgrad verbessert.

38. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 33 – 37, gekennzeichnet durch einen Kondensator (32), einen Verdampfer (46) und eine ein kompressibles Kältemittel führende Leitungsverbindung, die die erste Verdichterstufe (10), die zweite Verdichterstufe (18, 20), den Kondensator (32) und den Verdampfer (46) in Reihe geschaltet in einem geschlossenen Kreislauf, und zwar in dieser Reihenfolge, verbindet, einen Economizer (40), der zwischen den Kondensator (32) und den Verdampfer (46) geschaltet ist, um einen Teil des kondensierten Kältemittels aus dem geschlossenen Kreislauf stromab des Kondensators (32) zum Unterkühlen des zum Verdampfer (46) strömenden Kältemittels zu expandieren, und eine Einrichtung zum Zuführen dieses expandierten Kältemittelteils zu einem Zwischenstufeneinrichtung zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe.

39. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Bypassleitung (14), die zu der ersten Verdichterstufe (10) parallelgeschaltet ist, sowie eine darin angeordnetes Rückschlagventil (16), welches eine Strömung zu der zweiten Verdichterstufe (18, 20) erlaubt, wenn die erste Verdichterstufe abgeschaltet ist.

40. Kälteanlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor-Verdichter (10) der ersten Verdichterstufe eine größere maximale Förderleistung als der Motor-Verdichter der zweiten Verdichterstufe (18, 20) hat.

41. Kälteanlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor-Regler einen frequenzveränderlichen Inverter für den Antrieb der Motor-Verdichter bei unterschiedlichen Drehzahlen aufweist.

42. Kälteanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Kondensator (32), einen Verdampfer (46), wobei die Leitungsverbindung die erste Verdichterstufe, die zweite Verdichterstufe, den Kondensator und den Verdampfer in Reihe geschaltet

in einem geschlossenen Kreislauf, und zwar in dieser Reihenfolge, verbindet, einen Economizer (40), der zwischen den Kondensator (32) und den Verdampfer (46) geschaltet ist und ein Expansionsventil (44) zum Expandieren eines Teils des kondensierten Kältemittels aus dem geschlossenen Kreislauf stromab des Kondensators zum Unterkühlen des zum Verdampfer strömenden Kältemittels umfaßt, eine Einrichtung zum Zuführen dieses expandierten Kältemittelteils zu einem Zwischenstufeneinrichtung zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe (10) und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe (18, 20), einen ersten Fühler (75) zum Abfühlen der Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe und eine Steuereinrichtung, die in Abhängigkeit von einer zu hohen Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe das Expansionsventil (44) weiter öffnet, um den Economizer (40) zusätzlich zu speisen und somit die Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe abzusenken.

43. Kälteanlage nach Anspruch 42, gekennzeichnet durch einen zweiten Fühler zum Abfühlen der Economizer-Dampfauslaßtemperatur, wobei die Regeleinrichtung das Expansionsventil (46) normalerweise so regelt, daß es in Abhängigkeit von einem Temperaturanstieg, der von dem zweiten Fühler festgestellt wird, weiter öffnet.

44. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung eine Abföhleinrichtung (70) zum Abführen des Zwischenstufen-Kältemitteldrucks innerhalb der Leitungsverbindung sowie eine Steuereinrichtung umfaßt, die in Abhängigkeit hiervom zumindest einen der Verdichter der zweiten Verdichterstufe abschaltet, wenn der Zwischenstufendruck einen vorgegebenen Mindestwert erreicht.

45. Kälteanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung die Ausgangsleistung der zweiten Verdichterstufe (18, 20) in Abhängigkeit von einem Parameter moduliert, der zu einem Zwischenstufenzustand parallel verläuft.

46. Kälteanlage nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kondensator (32) und ein Verdampfer (46) zwischen den Auslaß der zweiten Verdichterstufe (18, 20) und den Einlaß der ersten Verdichterstufe (10) in Reihe geschaltet sind, wobei ferner ein Kühler zum Unterkühlen des vom Kondensator zum Verdampfer strömenden Kältemittels vorgesehen ist.

47. Kälteanlage nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühler (40) normalerweise einen Teil des kondensierten Kältemittels stromab des Kondensators (32) expandiert, um das zum Verdampfer strömende Kältemittel zu unterkühlen, und daß ferner eine Einrichtung zum Zuführen des expandierten Kältemittelteils zu der Leitungsverbindung zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe vorgesehen ist.

48. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 45 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Verdichterstufe mindestens zwei Motor-Verdichter (18, 20) konstanter Förderleistung aufweist.

49. Kälteanlage nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung die Ausgangsleistung der zweiten Verdichterstufe in Ab-

hängigkeit von der Drehzahl moduliert, bei der die erste Verdichterstufe arbeitet.

50. Kälteanlage nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung die Ausgangsleistung der zweiten Verdichterstufe in Abhängigkeit von dem Leistungsverbrauch der ersten Verdichterstufe moduliert.

#### Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich ganz allgemein mit Kälte- bzw. Klimaanlagen mit mehreren Verdichterstufen. Insbesondere betrifft sie eine Kälteanlage, bei der ein Economizer (Kühler) zum Unterkühlen des kondensierten Kältemittels vor der Verdampfung im Verdampfer verwendet wird, sowie weitere Merkmale und Betriebsweisen, die für eine hohe Flexibilität in der Anwendung bei maximalem Wirkungsgrad sorgen.

Gängige Supermarkt-Kälteanlagen besitzen üblicherweise drei oder mehr einstufige Verdichter konstanter Förderleistung gleicher oder ungleicher Größe, die sämtlich parallel geschaltet sind, wobei sie einzeln ein- und abgeschaltet werden, je nach der Kälteleistung.

Durch die vorliegende Erfindung soll eine Kälteanlage geschaffen werden, die einen hohen Wirkungsgrad besitzt, redundant und zuverlässig ist und bei einer Anpassung an die Kälteleistung ohne zu häufiges Ein- und Ausschalten gegeben ist. Insbesondere soll eine Kälteanlage geschaffen werden, die für einen relativ konstanten Ansaugdruck über einen extrem großen Lastbereich — ohne nennenswerten Wirkungsgradverlust — sorgt und bei einer folgerichtigen, konsequente Flüssigkeits-temperaturregelung vorgesehen ist, was den Einsatz von Wärmeübertragern mit Flüssigkeit/Unterdruckgas-Wärmeübergang erleichtert.

Die Erfindung sowie vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Ansprüchen angegeben.

Ein Vorteil der erfindungsgemäß ausgebildeten Kälteanlage besteht darin, daß der Verdichter-Abgabedruck "schwimmen" kann, so daß keine artifizielle Regelung der Druckhöhe (d.h. Kondensatorfluter, etc.) erforderlich ist, welche die Verdichter unnötig belasten würde. Auch erlaubt die Erfindung den Verzicht auf Ölkühler, da die Kältemitteltemperaturen so gut geregelt werden.

Der in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehene Economizer (Kühler) sorgt für einen niedrigeren Druckabfall am Verdampfer, so daß höhere Ansaugdrücke verwendet werden können, wodurch der Wirkungsgrad verbessert wird.

Die erfindungsgemäß ausgebildete Kälteanlage ist besonders geeignet zum Kühlen und Tiefgefrieren von Nahrungsmitteln in Supermärkten oder dergl.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäß ausgebildeten Kälteanlage besteht darin, daß dieselbe Kälteanlage R-22 als einziges Kältemittel sowohl im Hoch- wie auch im Tieftemperaturbereich eingesetzt werden kann, wobei sich gleichzeitig eine Verbesserung des Betriebsverhaltens und des Wirkungsgrades im Vergleich zu herkömmlichen Kälteanlagen ergibt.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Zuverlässigkeit der Verdichter durch geringere Druckverhältnisse im Vergleich zu herkömmlichen Kälteanlagen verbessert wird. Außerdem ergibt sich eine Redundanz der Geräte im Vergleich zu vielen herkömmlichen Anlagen mit parallel geschalteten Verdichtern.

Darüber hinaus kann bei der erfindungsgemäß ausge-

bildeten Kälteanlage eine sehr einfache Regelung zur Erzielung einer Betriebsweise mit hohem Wirkungsgrad verwendet werden. Die Regelung umfaßt sowohl eine sehr genaue Regelung des Ansaugdrucks wie auch eine zuverlässige Regelung der Flüssigkeitsleitungstemperatur. Die Regelung kann mit nur zwei prinzipiellen Führern für die gesamte Anlage auskommen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht schließlich darin, daß die erfindungsgemäß ausgebildete Kälteanlage je nach dem speziellen Anwendungsfall auf mehrere unterschiedliche Arten betrieben werden kann.

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Schaltdiagramm einer erfindungsgemäß ausgebildeten Kälteanlage;

Fig. 2 ein Diagramm, in dem der Zwischenstufen-Druck über der Kälteleistung/Förderleistung für die Kälteanlage nach Fig. 1 aufgetragen ist;

Fig. 3 das Schaltschema einer abgewandelten Ausführungsform einer Kälteanlage;

Fig. 4 ein Diagramm, in dem der Zwischenstufen-Druck über der Kälteleistung/U/min für die Kälteanlage nach Fig. 3 aufgetragen ist;

Fig. 5 das Schaltdiagramm einer weiteren Ausführungsform einer Kälteanlage;

Fig. 6 einen etwas schematischen Längsschnitt durch ein Expansionsventil;

Fig. 7 das Schaltdiagramm einer weiteren Ausführungsform einer Kälteanlage;

Fig. 8 das Schaltdiagramm einer weiteren Ausführungsform einer Kälteanlage, die eine für die Praxis besonders geeignete Supermarkt-Kälteanlage darstellt.

Fig. 1 zeigt eine Kälteanlage, die besonders geeignet ist zum Kühlen von Nahrungsmitteln in einem Supermarkt und die auf unterschiedliche Weise betrieben werden kann. Die Kälteanlage weist eine erste Verdichterstufe 10 mit einem Vorverdichter (Booster-Verdichter) auf, dessen Fördermenge über eine Leitung 12 zu einer zweiten Verdichterstufe mit zwei oder mehr Verdichtern 18, 20 strömt. Die Verdichter 18, 20 sind über Leitungen 22, 24 parallel geschaltet, und ihre Auslässe stehen mit einer Leitung 26 in Verbindung. Eine Bypass-Leitung 14 mit einem Rückschlagventil 16 ist zu dem Verdichter 10 parallel geschaltet, um eine Strömung im Kreislauf aufrechtzuerhalten, wenn der Verdichter 10 abgeschaltet ist. Eine Bypass-Leitung 28 mit einem Rückschlagventil 30 ist zu den beiden Verdichtern 18, 20 parallel geschaltet, um eine Strömung im Kreislauf zu ermöglichen, wenn die Verdichter der zweiten Verdichterstufe abgeschaltet sind (und es sich um solche Verdichter handelt, die im abgeschalteten Zustand keine ungedrosselte Strömung durch sie hindurch erlauben).

Die Leitung 26 ist mit einem Kondensator 32 verbunden, der die übliche Kondensationsfunktion ausübt, wobei er sowohl Flüssigkeit wie auch Dampf an einen Sammler 34 über eine Leitung 36 abgibt. Flüssiges Kältemittel in dem Sammler 34 fließt durch eine Leitung 38 zu einem Economizer 40 (Kühler). Das unterkühlte flüssige Kältemittel fließt vom Economizer 40 durch eine Leitung 42 zu einem Expansionsventil 44, von dem es expandiert wird. Hierauf strömt es in einen Verdampfer 46, der, wie üblich, seiner Umgebung Wärme entzieht. Der Verdampfer 46 besteht — bei einer typischen Anwendung in einem Supermarkt — aus mehreren getrennten, parallel geschalteten Verdampfern in einer Anzahl von Nahrungsmittelbehältern, wobei jeder Behälter sein eigenes Expansionsventil besitzt. Das aus dem Verdampfer 46 entweichende gasförmige Kälte-

mittel strömt durch eine Leitung 48 zurück zum Einlaß des Verdichters 10.

Der Economizer 40 (welcher praktisch ein Wärmetauscher ist) expandiert einen Teil des kondensierten Kältemittels aus dem Kreislauf stromab des Kondensators 32 über eine Ablaßleitung 50 und ein Expansionsventil 52, um zu dem Verdampfer fließendes flüssiges Kältemittel zu unterkühlen. Eine Leitung 54 fördert den expandierten Kältemittelteil zu einem Zwischenstufenpunkt zwischen dem Auslaß der ersten Verdichterstufe und dem Einlaß der zweiten Verdichterstufe.

Der Ausdruck "Verdichter" soll im vorliegenden Zusammenhang jede Art von motorbetriebene Kältemittel-Kompressionseinrichtung umfassen. Die Verdichter von Fig. 1, von denen jeder normalerweise ein Motorverdichter irgendeiner Art ist, werden von einer Regeleinrichtung 56 geregelt und mit Energie versorgt. Die Regeleinrichtung 56 ist an einer elektrischen Leistungquelle über eine elektrische Leitung 58 angeschlossen und mit den Motoren der Verdichter 10, 18 und 20 über eine elektrische Leitung 60, 62 bzw. 64 verbunden. Der Antriebsmotor für den Verdichter 10 kann ein Induktionsmotor sein, wobei die Regeleinrichtung 56 einen drehzahlveränderlichen Inverter umfaßt. In diesem Fall arbeitet die Regeleinrichtung 56 so, daß sie die Frequenz des dem Verdichtermotor über eine Leitung 60 zugeführten Stromes ändert. Andere Arten von Motordrehzahlreglern oder drehzahlveränderlichen Antrieben können verwendet werden. Der Verdichter 10 kann ein drehzahlveränderlicher Verdichter mit hin- und hergehenden Kolben, ein drehzahlveränderlicher Schraubenverdichter, ein drehzahlveränderlicher umlaufender Gleitschieberverdichter oder dergl. sein. Bei einem Förderleistungsbereich von 1 : 5 des Verdichters 10 sollte die Frequenz des Steuersignals zu seinem Motor zwischen 20 und 100 Hertz veränderlich sein. Die Verdichter der zweiten Stufe können hin- und hergehende Kolbenverdichter mit konstanter Förderleistung sein, welche nicht entladen werden und somit immer bei maximalem Wirkungsgrad arbeiten.

Der Verdichter 10 der ersten Stufe kann eine veränderliche Drehzahl haben, welche durch die Regeleinrichtung 56 in Abhängigkeit vom Druck (oder der Temperatur) des Verdampfers oder am Einlaß der ersten Verdichterstufe moduliert wird. Zu diesem Zweck ist ein Fühler 66 (transducer) in der Ablaßleitung 48 vorgesehen, wobei der Fühler mit der Regeleinrichtung 56 über eine Leitung 68 verbunden ist. Die Verdichter 18, 20 der zweiten Stufe können konstante Förderleistung (capacity) haben, wobei eine Ein-Aus-Regelung durch die Regeleinrichtung 56 in Abhängigkeit von dem Zwischenstufendruck erfolgt, welcher von einem Fühler 70 (transducer) in der Leitung 12 abgefühlt wird. Der Fühler 70 ist mit der Regeleinrichtung 56 über eine Leitung 72 verbunden.

Die Betriebsweise ist in der Fig. 2 veranschaulicht, in der der Einlaßdruck und der Zwischenstufendruck über der Kälteleistung/Förderleistung aufgetragen ist, und zwar für eine Kälteanlage mit zwei Verdichtern in der zweiten Verdichterstufe. Die beiden ausgezogenen geneigten Linien  $P$  und  $P'$  sind Zwischenstufendruck-Kurven, und die ausgezogene horizontale Linie stellt den Einlaßdruck der ersten Verdichterstufe dar. Die Kurve  $P$  gilt für eine Betriebsweise bei niedriger Kälteleistung/Förderleistung bei Verwendung eines einzigen Verdichters in der ersten Verdichterstufe, wogegen die Kurve  $P'$  für eine Betriebsweise bei höherer Kälteleistung/Förderleistung unter Verwendung zweier Verdichter in der zweiten Ver-

dichterstufe gilt. Die Förderleistung (capacity) der Kälteanlage wird entlang der Linien  $P$  und  $P'$  dadurch geändert, daß die Förderleistung des Verdichters 10 geregelt wird. Es sei beispielsweise angenommen, daß die Kälteanlage niedriger Last mit einem einzigen Verdichter in der zweiten Verdichterstufe, d.h. Verdichter 18 oder 20, betrieben wird, während der Verdichter 10 der ersten Verdichterstufe mit relativ geringer Förderleistung arbeitet. Bei größerer werdender Last nimmt die Förderleistung/U/min des Verdichters 10 zu, bis der Zwischenstufendruck einen vorgegebenen oberen Punkt (Punkt  $B$ ) auf der Linie  $P$  erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wird der zweite Verdichter der zweiten Stufe zugeschaltet, worauf der Zwischenstufendruck auf den Druck im Punkt  $B'$  auf der Linie  $P'$  abfällt. In der umgekehrten Situation, bei einer Lastabnahme wird die Förderleistung/U/min des Verdichters 10 verringert, bis der zweite Verdichter der zweiten Stufe in dem Punkt abgeschaltet wird, in welchem der Zwischenstufendruck den Punkt  $A$  auf der Linie  $P'$  erreicht. Dies erhöht den Zwischenstufenpunkt auf den Punkt  $A'$ , so daß der einzelne Verdichter der zweiten Stufe denselben Massenstrom verarbeitet. Die Förderleistung der Kälteanlage kann danach durch Regelung des Verdichters 10 heruntergeregt werden. Das zyklische Zu- und Abschalten der Verdichter der zweiten Stufe wird durch Beabstandung des Punktes  $A'$  von  $B'$  und  $B$  von  $A$  auf ein Minimum herabgesetzt. Bei dieser Kälteanlage erfolgt ein Zu- und Abschalten somit nur bei einer Laständerung und ist zum Ausgleichen einer bestimmten Last nicht erforderlich.

Bei dieser Grundkonzeption der Kälteanlage sind für eine adäquate Regelung nur zwei Fühler zum Erzeugen der Steuersignale erforderlich. Der eine dient zum Messen des Einlaßdrückes der ersten Verdichterstufe oder einer äquivalenten Größe, und der andere dient zum Messen des Zwischenstufendruckes bzw. einer äquivalenten Größe. Die Regelungslogik kann sehr einfach und geradlinig sein, und ein Festkörper-Steuерpaneel läßt sich ohne weiteres einbauen, um eine Regelung der Anlage mit den hier offenbarten Parametern und unter Verwendung bekannter Technologien zu erzielen.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Kälteanlage mit drei Verdichtern ist die bevorzugte Verdichterförderleistung im Hinblick auf maximale Flexibilität die, bei der die Verdichter der zweiten Stufe gleich Förderleistung haben. Ein Versagen eines der Verdichter der zweiten Stufe hat dann die gleiche Auswirkung auf die verbleibende Förderleistung der Anlage.

Es wurde festgestellt, daß andere vorteilhafte Beziehsweisen und andere Verdichteranordnungen möglich sind. Beispielsweise kann in der Anlage der Fig. 1 der Verdichter 10 ein drehzahlveränderlicher Verdichter sein, und die zweite Stufe 18, 20 könnte von einer großen Anzahl von Verdichtern mit konstanter Förderleistung oder irgendein Verdichtersystem mit veränderlicher Förderleistung sein. Bei dieser Ausführungsform würde die Förderleistung der zweiten Verdichterstufe in Abhängigkeit von einem Parameter geregelt, der zu dem Zwischenstufendruck im gesamten zu erwartenden Lastbereich parallel verläuft, statt in Abhängigkeit von dem Zwischenstufendruck selbst. In diesem Fall werden die Teile der Kälteanlage so gewählt, daß im zu erwartenden Lastbereich die Drehzahl des Vorverdichters (z.B. 30 hz bis 75 hz) den Zwischenstufendruck wieder spiegelt. In dieser Anlage könnte daher die Förderleistung der zweiten Verdichterstufe in Abhängigkeit von der Drehzahl des Vorverdichters statt vom Zwischenstufendruck geregelt werden. Da der Inverter-Lei-

stungsverbrauch eine Funktion der Drehzahl ist, könnte die Regelung stattdessen in Abhängigkeit von dem Leistungsverbrauch des inverterbetriebenen Verdichters erfolgen. Der Vorverdichter selbst würde in der bereits beschriebenen Art und Weise geregelt werden. Diese Anordnung und Betriebsweise kann in Situationen von Vorteil sein, in denen die Förderleistung der zweiten Verdichterstufe proportional zur Verdichterdrehzahl oder ggf. zum Verdichter-Leistungsverbrauch geregelt wird.

Die Kälteanlage der Fig. 1 mit einem Verdichter veränderlicher Förderleistung in der ersten Stufe und einem oder mehreren Verdichtern konstanter oder veränderlicher Förderleistung in der zweiten Stufe kann unter bestimmten Bedingungen so betrieben werden, daß eine der gesamten Verdichterstufen auf Null-Förderleistung herabgeregelt ist. Beispielsweise sind bei sehr niedrigen Kondensationstemperaturen (z.B. 13°C, bei einer Verdampfertemperatur von -9,5°C) zwei Stufen nötig. Die Regeleinrichtung 56 kann so verdrahtet, programmiert oder eingestellt werden, daß sämtliche Verdichter der zweiten Verdichterstufe abgeschaltet werden, wenn ein derartiger Niedertemperatur-Kondensationszustand eintritt. Zu diesem Zweck kann die Regeleinrichtung 56 den Kondensationszustand mittels eines herkömmlichen Fühlers 75 überwachen, an dem sie durch eine Leitung 77 angeschlossen ist. Die Bypass-Leitung 28 und das Rückschlagventil 30 lassen zu, daß unter diesen Umständen Kältemittel unmittelbar von der ersten Verdichterstufe zum Kondensator 32 strömt, während sie eine Rückströmung verhindern, wenn ein Verdichter der zweiten Stufe arbeitet. Bei bestimmten Arten von Zweitstufenverdichtern, z.B. hin- und hergehenden Kolbenverdichtern mit Zylinderventilen, kann möglicherweise auf die Bypass-Leitung 28 verzichtet werden, vorausgesetzt, der Druckabfall an den inaktiven Verdichtern der zweiten Stufe ist nicht zu hoch. Ein Rückschlagventil 55 in der Leitung 54 verhindert eine Rückströmung durch die Leitung 54, wenn die zweite Verdichterstufe abgeschaltet ist. Eine Bypass-Leitung 57, die zwischen der Leitung 54 und der Leitung 48 verläuft und die ein magnetbetätigtes, stromaufwärtiges Druckregelventil 59 enthält, sorgt dafür, daß der Economizer 46 ordnungsgemäß weiterarbeiten kann, wenn die Zweitverdichterstufe abgeschaltet ist (der Economizer wird direkt in Abhängigkeit vom Einlaßdruck geregelt), vorausgesetzt, das Ventil 59 ist in seine Öffnungsstellung geschaltet. Bei normalem Betrieb, wenn beide Verdichterstufen arbeiten, ist das Ventil 59 geschlossen.

Bei einem Kältekreis, bei dem die erste Verdichterstufe aus einem Vorverdichter veränderlicher Förderleistung und die zweite Verdichterstufe aus zwei parallel geschalteten Verdichtern besteht, ist die folgende Betriebsweise möglich. Es sei angenommen, daß zunächst alle drei Verdichter arbeiten und dann die Last zunehmend kleiner wird. Das erste, was geschieht, ist, daß sich die Förderleistung des Vorverdichters verringert. Dies setzt sich fort, bis es möglich ist, einen der Verdichter der zweiten Verdichterstufe abzuschalten, was einen sehr geringen Anstieg der Förderleistung des Vorverdichters erfordert, um eine exakte Abstimmung auf die existierende Last wieder zu erreichen. Eine weitere Abnahme der Ist-Last hat danach eine weitere Verringerung der Förderleistung des Vorverdichters zur Folge, bis es möglich wird, den zweiten Verdichter der zweiten Verdichterstufe abzuschalten, was zur Lastanpassung wiederum einen geringfügigen Anstieg der Förderleistung des Vorverdichters erfordert. Danach erfolgt der

Lastabgleich durch Regelung des Vorverdichters. Eine Lastzunahme hätte den umgekehrten Betriebsablauf zur Folge.

Eine andere Möglichkeit zum Regeln derselben Anordnung zum Verdichten besteht darin, daß bei sehr niedriger Last die gesamte erste Verdichterstufe abgeschaltet wird. In diesem Fall sorgen die Bypass-Leitung 10 und das Rückschlagventil 16 dafür, daß Kältemittel vom Verdampfer unmittelbar zu den Verdichtern der zweiten Stufe strömen kann, während sie eine Rückströmung verhindern, wenn die erste Verdichterstufe arbeitet. Wiederum ist diese Bypass-Anordnung bei bestimmten Arten von Verdichtern nicht erforderlich. Bei einem Kältekreis, in welchem die erste Verdichterstufe aus einem Vorverdichter veränderlicher Förderleistung und die zweite Verdichterstufe aus zwei parallel geschalteten Verdichtern besteht, ist der folgende Betriebsablauf möglich. Es sei angenommen, daß zunächst alle drei Verdichter arbeiten und die Last zunehmend kleiner wird. Dann verringert sich als erstes die Förderleistung des Vorverdichters. Dies hält an, bis einer der Verdichter der zweiten Stufe abgeschaltet werden kann, was zum Lastausgleich eine Erhöhung der Förderleistung des Vorverdichters erfordert. Danach hat eine weitere Lastabnahme zur Folge, daß sich die Förderleistung des Vorverdichters verringert, bis sie ihr Minimum erreicht, worauf er abgeschaltet wird. Danach kann der verbleibende Verdichter der zweiten Stufe in Abhängigkeit von der Last zu- und abgeschaltet werden. Bei einer Lastzunahme ist der Betriebsablauf umgekehrt. Diese Betriebsweise der Kälteanlage ist von Vorteil, wenn ein Economizer verwendet wird, da der Economizer seine Unterkühlung aufrecht erhält, ohne daß seine Fördermenge über das Ventil 59 umgeleitet wird.

Wie vorher, bei beiden Betriebsweisen mit einer abgeschalteten Verdichterstufe, wird der Vorverdichter in Abhängigkeit vom Verdampferdruck und die Verdichter der zweiten Stufe in Abhängigkeit von dem Zwischenstufendruck oder einem parallel dazu verlaufenden Parameter geregelt. Wenn die erste Verdichterstufe abgeschaltet ist, wird der Zwischenstufendruck im wesentlichen gleich dem Verdampferdruck und folgt somit der Last, und wenn die zweite Verdichterstufe abgeschaltet ist, arbeitet die erste Verdichterstufe wie eine übliche einstufige Anlage.

Es wird nun eine weitere Anordnung beschrieben, die ebenfalls sehr vorteilhaft sein kann in Fällen, in denen die Last sehr niedrig ist, in denen jedoch die Förderleistung immer noch präzise geregelt werden soll. Die in Fig. 3 gezeigte Kälteanlage entspricht grundsätzlich der in Fig. 1 gezeigten (wobei dieselben Bezeichnungen für dieselben Bauteile verwendet wurden); bei dieser Kälteanlage ist der Vorverdichter 10 jedoch ein drehzahlveränderlicher Verdichter, während der Verdichter 18 der zweiten Stufe ein drehzahlveränderlicher Verdichter und der Verdichter 20 der zweiten Stufe aus einem oder mehreren Verdichtern konstanter oder veränderlicher Förderleistung besteht. Außerdem umfaßt die Regeleinrichtung 56 einen Inverter 80, der durch eine geeignete Schaltvorrichtung 82 so arbeitet, daß er die Inverterleistung wahlweise dem Verdichter 10 über eine Leitung 60 oder dem Verdichter 18 über eine Leitung 62 zuführt. Als Folge hiervon ist die Kälteanlage in der Lage, den Inverter 80 dazu zu benutzen, die Drehzahl und somit die Förderleistung des Vorverdichters 10 auf die minimale Förderleistung herabzuregeln. In diesem Zeitpunkt wird er abgeschaltet, und anschließend wird die Regelung des Verdichters 18 der zweiten Stufe über die

Schaltvorrichtung 82 auf den Inverter 80 übertragen, der danach die Regelung dieses Verdichters übernehmen kann. Wenn der Verdichter 18 nicht inverterbetrieben ist, wird er von der Regeleinrichtung 56 über die Schaltvorrichtung 82 bei Netzspannung und -frequenz betrieben. Diese Anordnung ist überaus kostengünstig, da nur ein Inverter für die Regelung zweier Verdichter erforderlich ist.

In Fig. 4 ist die Betriebsweise dieser Kälteanlage veranschaulicht. Wenn wieder zunächst alle drei Verdichter arbeiten und angenommen wird, daß die Kälteleistung kleiner wird, bis der Verdichter 20 der zweiten Stufe abgeschaltet wird, kann die Regelung der Anlage die gleiche sein, wie die in Fig. 2 dargestellte. Wenn einmal der Verdichter 20 abgeschaltet ist, fährt danach der Inverter 80 über die Schaltvorrichtung 82 fort, die Arbeitsweise des Vorverdichters 10 zu regeln, indem seine Drehzahl entlang der Linie P zunehmend verringert wird bis zu einer Drehzahl, die dem Punkt A entspricht. In diesem Punkt überträgt die Schaltvorrichtung 82 die Inverterregelung auf den Verdichter 18 der zweiten Stufe. Im Punkt A kann der Vorverdichter abgeschaltet werden, da er nicht länger benötigt wird, was sich daraus ergibt, daß der Zwischenstufendruck A einen so niedrigen Wert hat. Unterhalb dieses Punktes hat eine kleinere werdende Last zur Folge, daß die Regeleinrichtung 56 über den Inverter 80 und die Schaltvorrichtung 82 (die nun den Inverter in den Betrieb zur Regelung des Verdichters 18 umgeschaltet hat) zur Lastanpassung die Drehzahl und somit die Förderleistung des Verdichters 18 absenkt. Dies setzt sich fort, bis die minimale Drehzahl der zweiten Verdichterstufe erreicht ist, und zwar im Punkt B in Fig. 4. Wenn die Last anschließend größer wird, erhöht sich die Drehzahl des Verdichters 18, bis sie den Punkt C in Fig. 4 erreicht hat (wo sie um 15 bis 20% größer ist als die Drehzahl im Punkt A, um ein unnötiges Zu- und Abschalten zu verhindern). In diesem Zeitpunkt ist der Verdichter 18 bei Netzspannung und -frequenz voll erregt, und die Inverterregelung wird durch die Schaltvorrichtung 82 auf den Verdichter 10 umgeschaltet, dessen Drehzahl und somit Förderleistung größer werden, wenn die Last weiter ansteigt. Irgendwann kann, wie oben, der Verdichter 20 eingeschaltet werden.

In der Zeit, in der der Verdichter 10 abgeschaltet ist, sorgen die Bypass-Leitung 14 und das Rückschlagventil 16 in der oben beschriebenen Weise dafür, daß das Kältemittel vom Verdampfer zur zweiten Verdichterstufe strömen kann. Die Bypass-Leitung 14 erleichtert auch den Betriebsstart; es ist die bevorzugte Praxis, bei Betriebsbeginn die zweite Verdichterstufe vor der ersten Verdichterstufe einzuschalten. Dies bietet die Möglichkeit, den Ansaugdruck der ersten Verdichterstufe vor Betriebsbeginn in gewünschter Weise abzusenken.

Der normale Betriebsbereich der Kälteanlage verläuft vom Punkt A bis zur maximalen Last/U/min, wogegen der Bereich von B nach C als unterhalb des normalen Bereiches angesehen wird. Die Kälteanlage der Fig. 3 und 4 ist überall dort geeignet, wo ein Umschalten auf eine Inverterregelung den Wirkungsgrad verbessern würde. Beispielsweise hat ein Vorverdichter, der bei 15 Hertz arbeitet, einen wesentlich geringeren Wirkungsgrad als ein Zweitstufen-Verdichter, der bei 38 Hertz oder dergleichen arbeitet. Diese Anordnung bietet außerdem den Vorteil, daß der Economizer, falls er in dieser Anlage verwendet wird, unter allen Betriebsbedingungen günstig ist, ohne daß seine Auslaßströmung umgeleitet werden müßte.

In Fig. 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel darge-

stellt, dessen Hauptvorteil darin besteht, daß es die Inverterantriebskosten beträchtlich verringert, während er eine Förderleistungsregelung unter Verwendung von drehzahlveränderlichen Motor-Verdichtern erlaubt.

5 Die Kälteanlage der Fig. 5 ist in jeder Hinsicht identisch mit der der Fig. 1, mit der Ausnahme, daß die erste Verdichterstufe statt aus einem einzigen Verdichter nun aus einem drehzahlveränderlichen Verdichter 100 und einem dazu parallel geschalteten Verdichter 102 konstanter oder veränderlicher Förderleistung besteht. Eine Bypass-Leitung 104 mit einem Rückschlagventil 106 ist vorgesehen, falls die totale Abschaltung der ersten Verdichterstufe in Erwägung gezogen wird. Vorzugsweise gleicht die Förderleistung der Verdichter 100 und 102 der Förderleistung des von ihnen ersetzen einzelnen Verdichters, wobei der drehzahlveränderliche Verdichter 100 eine Förderleistung hat, die die erforderliche Regelung im gesamten normalen Lastbereich erlaubt. Der Verdichter 102 wird in der üblichen Weise von der 15 Regeleinrichtung 56 über eine Leitung 108 mit Leistung versorgt und geregelt. Der Verdichter 100 dagegen wird von einem relativ kleinen Inverterantrieb 110, der einen Teil der Regeleinrichtung 156 bildet, über eine Leitung 112 mit Leistung versorgt und geregelt. Da sich die Inverterkosten nicht proportional zu der Leistungskapazität ändern, hat eine relativ kleine Änderung der Kapazität eine beträchtliche Kostenersparnis zur Folge. Die Kälteanlage der Fig. 5 kann in genau der gleichen Weise wie die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele betrieben werden.

Eine andere Version der Kälteanlage der Fig. 5, die ebenfalls kostengünstig ist, ist eine, bei der beide Verdichter 100 und 102 invertergesteuerte, drehzahlveränderliche Verdichter sind, wobei jeder von einem getrennten kleinen Inverter betrieben wird (da zwei kleine Inverter weniger teuer als ein großer Inverter sind). Wenn die beiden Verdichter der ersten Stufe die gleiche Größe haben, verringert sich die Drehzahl jedes der Verdichter bei einer Lastabnahme, und zwar bis zu dem 25 Punkt, an dem einer der beiden Verdichter der ersten Stufe bei einer Drehzahl mit besserem Wirkungsgrad die gleiche Last ausgleichen kann. An diesem Punkt wird der andere Verdichter abgeschaltet.

Eine andere Abwandlung der Kälteanlage der Fig. 5 ist eine, bei der beide Verdichter der ersten Stufe invertergesteuert sind und Schaltmittel vorgesehen sind, um den einen oder anderen mit einem einzigen Inverter zu betreiben.

Der eine Verdichter wäre dann vorzugsweise in seiner Förderleistung größer als der andere. Der größere Verdichter der ersten Stufe wäre dann der normalerweise invertergesteuerte, während der kleinere Verdichter der normalerweise netzgesteuerte wäre. Bei Lastabnahme wird der größere Verdichter verlangsamt, 55 um seine Förderleistung bis zu dem Punkt zu verringern, an dem der kleinere netzbetriebene Verdichter abgeschaltet werden kann. Zu diesem Zeitpunkt wird zum Lastausgleich die Drehzahl des größeren Verdichters erhöht. Wenn die Last weiter abfällt, überträgt eine 60 Schalteinrichtung in der Regeleinrichtung die Invertersteuerung auf den kleineren Verdichter, um ihn bei sehr niedriger Last arbeiten zu lassen.

Einige weitere Ausführungsbeispiele sind in Fig. 7 dargestellt, welche eine Supermarkt-Kälteanlage zeigt, 65 die abgesehen von einigen noch zu erläuternden Merkmalen der Kälteanlage der Fig. 1 entspricht. Überwiegend hat jedes dieser Merkmale eine günstige Auswirkung auf den Wirkungsgrad und/oder die Regelung, und

zwar unabhängig von dem Vorhandensein der anderen Merkmale. Sie sind in derselben Kälteanlage lediglich zu Veranschaulichungszwecken gezeigt.

Der Wirkungsgrad der Kälteanlage läßt sich durch Verwendung eines Zwischenkühlers 200 in Form eines Wärmetauschers in der Leitung 12 meßbar verbessern. Idealerweise ist der Wärmetauscher wassergekühlt, wie zum Beispiel durch Wasser, das über eine Leitung 202 an einen Heißwassererhitzer/Speichertank 204 abgegeben wird, was gleichzeitig den Vorteil hat, die Kosten des Heißwassers zu verringern. Stattdessen kann er, falls gewünscht, luftgekühlt sein. In der Zeit, in der kein Wasser zum Kühlen zur Verfügung steht, werden zu hohe Temperaturen am Auslaß der zweiten Verdichterstufe durch andere Mittel geregelt, zum Beispiel dadurch, daß der Economizer überflutet wird, um Flüssigkeit aus der Leitung 54 in das Auslaßgas des Vorverdichters abzugeben, wie noch später erläutert wird. Die Verwendung eines Zwischenkühlers ist besonders nützlich in einer Anlage, in der als Kältemittel R-22 verwendet wird, da R-22 thermodynamische Eigenschaften hat, die höhere Verdichterauslaßtemperaturen zur Folge haben, als dies bei R-502 oder R-12 der Fall ist. Die Kälteanlage hat außerdem den zusätzlichen beträchtlichen Vorteil, daß R-22 im Tiefsttemperaturbereich, zum Beispiel in Tiefgefrierbehältern eines Supermarktes, eingesetzt werden kann. Dies bedeutet, daß mit dieser Kälteanlage der Supermarkt nur ein einziges Kältemittel zu verwenden braucht, statt R-22 für den Hoch- und Mitteltemperaturbereich und R-502 für den Tieftemperaturbereich. Die Wirkung des Zwischenkühlers besteht darin, den Gesamtleistungsverbrauch zu verringern, indem die Temperatur und somit der Druck des Ansauggases der zweiten Verdichterstufe abgesenkt werden, was wiederum die Leistung für die Verdichtung in der ersten und zweiten Stufe verringert. Außerdem senkt dies die Temperatur des Auslaßgases der zweiten Verdichterstufe ab.

Ein weiteres Merkmal der Kälteanlage der Fig. 7 besteht darin, daß Mittel vorgesehen sind, mit denen die Temperatur des Auslaßgases der zweiten Verdichterstufe geregelt (das heißt begrenzt) wird, um zu verhindern, daß sie für die Anlage schädliche Werte erreicht. Die Regelung dieser Auslaßtemperatur bietet eine Anzahl wichtiger Vorteile. Einer besteht in der Möglichkeit, die Auswirkung eines Ausfalls des Vorverdichters auf ein Minimum abzusenken, was andernfalls die Folge hätte, daß die zweite Verdichterstufe als einstufige Anlage ohne Zwischenkühlung arbeitet. Der erhebliche Druckanstieg in dieser Verdichterstufe hätte überhöhte Auslaßtemperaturen zur Folge, die eine Zerstörung des Schmieröls, des Kältemittels, usw. hervorrufen könnten. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Auswirkung eines Ausfalls des Zwischenkühlers (Wasserverlust etc.) minimiert wird. Außerdem wird der Betriebsbereich der Anlage erhöht, was seinerseits wieder eine Anzahl von Vorteilen mit sich bringt, zum Beispiel, daß die Anlage bei sehr viel niedrigeren Verdampftemperaturen gefahren werden kann, was wiederum die Verwendung von R-22 im Tieftemperaturbereich erlaubt (was wiederum die Kältemittelkosten senkt und die Schwierigkeit, zwei verschiedene Kältemittel im selben Supermarkt zu benutzen, vermeidet).

Unter diesem Aspekt wird das einzelne Expansionsventil 52 der Fig. 1 durch ein geregeltes Expansionsventil 300 ersetzt, von dem ein exemplarisches Ausführungsbeispiel in Fig. 6 dargestellt ist. Die Anlage der Fig. 7 umfaßt ferner ein EPR (Verdampferdruckreg-

ler)-Ventil 400 in der Leitung 54 und einen zweiten Verdampfer 600 mit einem oder mehreren Wärmetauschern, die Kältemittel über eine Zweigleitung 602 und ein Expansionsventil 604 empfangen. Das Kältemittel, das aus dem Verdampfer 600 austritt, wird über eine Leitung 606 einem herkömmlichen sekundären Verdichter 608 zugeführt, der angrenzend am Verdichter der ersten Verdichterstufe angeordnet ist. In dieser Kälteanlage ist der Auslaß des Verdichters 608 an der Zwischenstufenleitung 12 über eine Leitung 610 angeschlossen. Die Funktion der Bauteile 400-610 wird später erläutert, und zum Zwecke der Erläuterung des Konzeptes zum Regeln der Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe ist es un wesentlich, ob diese Bauteile vorhanden sind oder nicht. Das Expansionsventil 300 (Fig. 6) weist ein Gehäuse 302 mit einer Ventilkammer 304 auf, die mit einem an der Leitung 50 angeschlossenen Kältemittel-Einlaßkanal 306 und einem Kältemittel-Auslaßkanal 308 verbunden ist, der über eine Leitung 310 an dem Zwischenkühler 40 angeschlossen ist. Innerhalb der Ventilkammer 304 befindet sich ein Expansions-Ventilkörper 312, der mit einem einstückig angeformten Schaft 314 versehen ist und normalerweise von einer Druckfeder 315 in seine Schließstellung vorgespannt wird. Das freie Ende des Schaftes 314 ist abgedichtet innerhalb eines Membranbehälters 316 angeordnet und greift an einer darin angeordneten Membran 318 an. Der abgedichtete Raum 320 auf der Schaftseite der Membran wird über eine Nut 322, den Kanal 308 und die Leitung 310 auf dem Druck der expandierten Flüssigkeit am Einlaß zum Economizer (der dem Economizer-Dampfauslaßdruck entspricht) gehalten. Der Raum 324 auf der anderen Seite der Membran 318 ist mit einem Fühler 326 für die Auslaßtemperatur des Economizers oder der Leitung 54 über eine Leitung 328 verbunden. Der Druck in der Kammer 324 ist somit zur Dampfauslaßtemperatur des Economizers proportional. Der Ventilkörper 312 wird normalerweise durch die Membran 318 im Membranbehälter 316 gesteuert. Wenn die Temperatur des den Wärmetauscher verlassenden Dampfes bezüglich des Drucks (Sättigungstemperatur) des den Wärmetauscher verlassenden Dampfes ansteigt, wird der Ventilkörper 312 entgegen der Feder 315 in Öffnungsrichtung gedrückt. Wenn die Temperatur des den Economizer verlassenden Dampfes abfällt, tritt das Umgekehrte ein. Das Expansionsventil wird somit so geregelt, daß es die Überhitzung bzw. das "Qualitätsniveau" innerhalb des gewünschten Bereiches hält. Im Prinzip regeln der Fühler 326 und der Druck unter der Membran 318 das Expansionsventil 300 so, daß es die gewünschte Überhitzung in der Leitung 54 moduliert und steuert.

Bei sehr extremen Zuständen (außerhalb des normalen Betriebsbereiches) besteht die Gefahr, daß die Kältemittel-Auslaßtemperatur der zweiten Verdichterstufe auf gefährliche Werte ansteigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel erfaßt ein in der Auslaßleitung 26 angeordneter Auslaßtemperatur-Fühler 330 eine zu hohe Temperatur, und er gibt das Signal über eine Leitung 332 an einen zweiten Membranbehälter 334 ab, der an der Oberseite des Membranbehälters 316 abgedichtet angeordnet ist. Der Membranbehälter 334 enthält eine Membran 336, die auf ein Ende eines Betätigungsliedes 338 wirkt, dessen entgegengesetztes Ende an der Oberseite der Membran 318 angreift. Die Kammer 340 oberhalb der Membran 336 befindet sich auf einem Druck entsprechend dem vom Fühler 330 über die Leitung 332 abgegebenen Temperatursignal und enthält einen An-

schlag 342, der die Aufwärtsbewegung der Membran 336 begrenzt. Die Kammer 334 auf der anderen Seite der Membran 336 wird über eine Nut 345 auf dem Druck der Leitung 328 gehalten und enthält eine Regel feder 346, die die Membran 336 in Aufwärtsrichtung vorspannt, derart, daß sie normalerweise die Funktion des Membranbehälters 316 nicht stört.

Die Bauteile sind so ausgelegt, daß normalerweise keine Abwärtskraft von dem Betätigungslied 338 auf die Membran 380 ausgeübt wird. Wenn andererseits sehr hohe Temperaturen in der von der zweiten Verdichterstufe abgegebenen Fördermenge angetroffen werden, hat der resultierende Druckanstieg in der Kammer 340 zur Folge, daß die Membran 336 die Feder 346 überwindet und das Betätigungslied 338 nach unten drückt, so daß sich die Membran 318 nach unten bewegt und das Ventilglied 312 weiter in Richtung Öffnungsstellung verstellt wird. Dies hat ein Überfluten des Economizers zur Folge. Das Ausgangssignal des Fühlers 330 übersteuert somit die normale Regelung des Fühlers 326, und die überschüssige Flüssigkeit, die über die Leitung 54 zur Zwischenstufenleitung zurückfließt, kocht, wenn sie sich mit der von der ersten Verdichterstufe abgegebenen Fördermenge vermischt, wodurch das von der ersten Verdichterstufe abgegebene Gas gekühlt wird. Dies wiederum verringert die Temperatur des von der zweiten Verdichterstufe abgegebenen Gases, um sie in den gewünschten Bereich zurückzubringen. Wenn gleich es während dieses Überflutungszustandes zu einem Wirkungsgradverlust kommen kann, ist die Gesamtwirkung die, daß der Druckverhältnisbereich, bei dem die Anlage arbeiten kann, beträchtlich ausgedehnt wird. Es versteht sich, daß das hier offenbare Expansionsventil 300 und seine Regelung lediglich eine Möglichkeit ist, um dies zu erzielen. Motorgetriebene Expansionsventile, die in Abhängigkeit von Thermistor-Fühlern arbeiten, und ähnliche Vorrichtungen können statt dessen verwendet werden, wenn sie in der geeigneten Weise angeordnet und ausgebildet werden, um die obigen Funktionen zu erfüllen.

Bei einigen Anwendungen kann es wünschenswert sein, die in der Leitung 42 von dem Economizer 40 erzeugte Flüssigkeitstemperatur daran zu hindern, zu stark abzusinken, beispielsweise unterhalb von 1,5°C in einem typischen Anwendungsfall. Wenn die Leitung 42 zu lang und schlecht isoliert ist, trägt eine sehr niedrige Flüssigkeitstemperatur in dieser Leitung zu einer unnötigen Temperaturerhöhung bei und hat eine Wirkungsgradverschlechterung aufgrund dieser Temperaturerhöhung zur Folge. Wenn ferner die Leitung in einem Bereich angeordnet ist, in dem sich Eis bilden kann, könnte dies eine zusätzliche Schwierigkeit aufwerfen. Dies könnte insofern zu Buche schlagen, als die Natur der offenen Anlage solcher Art ist, daß bei einer Laständerung die Flüssigkeitstemperatur abfallen kann.

Es wird nun eine Möglichkeit beschrieben, um diese zu große Temperatursenkung zu vermeiden, welche eine Verschlechterung des theoretischen Betriebsverhaltens nicht über diejenige hinaus hervorruft, die eintreten würde, wenn die Temperatur in der Grundanlage abfallen dürfte. Dies wird durch den Einbau des EPR-Ventils 400 erreicht, das auf den Druck in der Leitung 54 stromauf des Ventils (über die Leitung 402) anspricht. Wenn dieser Druck anfängt, unter denjenigen Druck abzufallen, der für die minimale Flüssigkeitsleitungs temperatur erwünscht ist, so übt das Ventil 400 eine stärker werdende Drosselwirkung aus, um den stromaufwärtsigen Druck und somit die vom Economizer 40 er

zeugte Flüssigkeitstemperatur aufrechtzuerhalten.

Ein wesentlicher Vorteil des offenen Systems zur Regelung der Flüssigkeitstemperatur ist der, daß die Verwendung einer Flüssigkeits/Unterdruckgas-Kühlung erleichtert wird, d.h. der Wärmeübergang zwischen der Flüssigkeitsleitung zu jeder Expansionsventil-Ver dampfer-Einheit sowie der diese Einheit verlassenden Gas-Unterdruck-Leitung und zwar entweder durch einen Wärmeaustausch von Leitung zu Leitung oder durch Verwendung eines Wärmeübertragers. Ein Wärmeaustausch von Leitung zu Leitung könnte dadurch erzielt werden, daß zwei Leitungen miteinander verlötet werden, daß sie innerhalb eines isolierten Kanals zusammen gewickelt werden, daß sie miteinander verwunden werden und/oder die eine um die andere herumgewickelt wird. Ein Flüssigkeits/Unterdruckgas-Wärmeaustausch hat die bekannten Vorteile, wird jedoch selten verwendet, da die Gefahr einer Unterdruckgasüberhitzung besteht. In der beschriebenen Anlage, in der die Flüssigkeitstemperatur geregelt wird, kann jedoch ein derartiger Wärmeaustausch unbedenklich verwendet werden.

Es wurde festgestellt, daß es mit der vorliegenden Anlage möglich ist, einen oder mehrere Tiefsttemperaturverdampfer sehr wirtschaftlich zu kühlen (z.B. solche, die in Speiseisgefriertruhen bei ungefähr -40°C statt bei -32°C verwendet werden, wie in den meisten Tiefgefriertruhen anzutreffen). Wie in Fig. 7 veranschaulicht, werden das Expansionsventil 604 und der Verdampfer 600 beispielsweise in einer Speiseis-Tiefgefriertruhe so eingebaut, daß sie über die Leitung 606 mit dem Verdichter 608 in Verbindung stehen, dessen Auslaß über die Leitung 610 mit der Zwischenstufenleitung 12 verbunden ist. Da der Verdichter 608 nur bei einem relativ niedrigen Druckverhältnis arbeiten muß, kann es ein Verdichter relativ geringer Leistung sein. Um ein Beispiel zu geben, wäre in einer bestimmten Anlage der herkömmliche Weg der, einen 5-PS-Verdichter vorgegebener Verdrängung parallel zu beiden Stufen zu schalten, wogegen bei der hier gezeigten Anlage die gleiche Kältemenge durch Verwendung eines 2-PS-Verdichters der gleichen Förderleistung erhalten werden kann. Wenn der Verdichter 608 eine konstante Förderleistung hat, braucht er wohl ein stromaufwärtsiges EPR-Ventil (nicht gezeigt), um zu verhindern, daß der Verdampfer 600 zu kalt wird; der Verdichter 608 benötigt jedoch eine so geringe Leistung, daß es relativ billig wäre, ihn mittels einer Invertersteuerung bei veränderlicher Drehzahl zu betreiben; in diesem Fall ist ein EPR-Ventil zur Regelung der Verdampfertemperatur nicht erforderlich.

In Fig. 8 ist in etwas anderer Weise, jedoch ebenfalls schematisch, ein Kältekreis gezeigt, der eine für die Praxis besonders geeignete ideale Supermarkt-Kälteanlage darstellt. Die Anlage weist einen invertergesteuerten drehzahlveränderlichen Verdichter 700 auf, dessen Auslaßleitung 702 mit einem luftgekühlten Zwischenkühler 704 verbunden ist. Die von dem Zwischenkühler abgegebene Fördermenge strömt über eine Zwischenstufenleitung 706 zu einer Leitung 708, die unmittelbar mit dem Einlaß zweier parallelgeschalteter, die zweite Verdichterstufe bildender Verdichter 710, 712 konstanter Förderleistung verbunden ist. Die von den Verdichtern der zweiten Stufe abgegebene Fördermenge strömt über eine Leitung 714 zu einem herkömmlichen luftgekühlten Kondensator 716, aus dem das kondensierte Strömungsmittel über eine Leitung 718 zu einem Sammeler 720 strömt. Flüssigkeit aus dem Sammeler 720 fließt

über eine Leitung 722 durch einen Economizer 724 hindurch in eine Flüssigkeitsleitung 726, die mit einem Supermarkt-Nahrungsmittelbehälter 728 über ein Expansionsventil 730 verbunden ist. Der Behälter 728 enthält den üblichen Verdampfer, der das expandierte Kältemittel von dem Expansionsventil 730 empfängt und in der üblichen Weise für Kühlzwecke benutzt. Die von dem Verdampfer abgegebene Fördermenge strömt durch eine Unterdruckleitung 732 zu einer Unterdruck-Sammelleitung 734, die mit dem Einlaß des Vorverdichters über eine Leitung 736 verbunden ist.

In einem Supermarkt sind üblicherweise mehrere Nahrungsmitteltruhen bzw. -behälter vorhanden, beispielsweise dreißig oder mehr; der Einfachheit halber sind in Fig. 8 nur drei dargestellt. Ein Behälter 738 beispielsweise enthält ein Expansionsventil 740, das von einer mit der Leitung 726 verbundenen Flüssigkeitsleitung 742 gespeist wird. Eine Rückführ-Unterdruckleitung 744 ist mit der Unterdruck-Sammelleitung 734 verbunden. In der gleichen Weise ist ein Behälter 746 mit einem Expansionsventil 748 versehen, das von einer mit der Leitung 726 verbundenen Flüssigkeitsleitung 750 gespeist wird, und eine Rückführleitung 752 ist ebenfalls mit der Unterdruck-Sammelleitung 734 verbunden.

Eines der besonders vorteilhaften Merkmale der Anlage nach Fig. 8 besteht darin, daß jeder Nahrungsmittelbehälter einen Flüssigkeits-Unterdruckgas-Wärmeaustausch benutzt; so ist ein Wärmeübertrager 754, 756 bzw. 758 mit einem Wärmeübergang von Leitung zu Leitung für jeden der Lebensmittelbehälter 728, 738 bzw. 746 vorgesehen. Jeder dieser Wärmeübertrager erlaubt einen Wärmeübergang zwischen der Flüssigkeits-Einlaßleitung des lebensmittelbehälters und der Unterdruckdampf-Auslaßleitung des Nahrungsmittelbehälters. Diese Anordnung sorgt für eine vorteilhafte Überhitzung des Unterdruckdampfes durch Unterkühlen der Flüssigkeit statt durch Wärmeaufnahme aus der Umgebung innerhalb des Gebäudes (über die Unterdruck-Rückführleitungen), wodurch das Betriebsverhalten und der Wirkungsgrad beträchtlich verbessert werden. Durch Isolieren der Unterdruckleitungen läßt sich die Menge der Überhitzung weiter herabsetzen, die als Folge eines Wärmeaustausches mit der Umgebung auftreten könnte. Ferner ist die Gesamtanlage so erfolgreich, die Flüssigkeitsleitungstemperatur unter Kontrolle zu halten, daß keine Gefahr besteht, daß die Wärmeübertrager mit einem Wärmeübergang von Leitung zu Leitung zu hohe Unterdruckgastemperaturen hervorrufen, wie dies in bekannten Anlagen der Fall sein kann. Die Anlage kann beispielsweise ohne Schwierigkeiten so betrieben werden, daß die Temperatur der Flüssigkeit in den Flüssigkeitsleitungen niemals größer als 10°C wird. Dies stellt automatisch sicher, daß die Unterdruckgastemperaturen niemals einen gefährlichen Wert erreichen.

Wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen wird ein Teil des flüssigen Kältemittels aus dem Sammler durch ein Expansionsventil 760 expandiert und dann dazu benutzt, die vom Sammler zu den Verdampfern fließende Flüssigkeit zu unterkühlen; das expandierte Kältemittel strömt dann durch eine Leitung 762 zu der Zwischenstufenleitung 708, aus der es in die Verdichter der zweiten Stufe strömt. Ein EPR-Ventil 764 kann in der Leitung 762 vorgesehen werden, um sicherzustellen, daß die Flüssigkeitsleitungen nicht zu kalt werden. Das Ventil 462 arbeitet in der gleichen Weise und zu demselben Zweck wie das Ventil 400 bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 7. Außerdem ist eine By-

passleitung 766 mit einem magnetbetätigten stromaufwändigen Druckregelventil 768 zwischen die Rückführleitung 762 und die Einlaßleitung 736 geschaltet, wobei diese Bauteile die gleiche Funktion wie die Leitung 57 und das Ventil 59 in Fig. 7 erfüllen. Die Leitung 762 enthält ein Rückschlagventil 770, das die gleiche Funktion wie das Ventil 55 in Fig. 7 erfüllt, wenn eine der Stufen abgeschaltet ist.

Eine Bypassleitung 772, die ein Rückschlagventil 774 enthält, ist mit den Verdichtern der zweiten Stufe parallelgeschaltet, um eine Umgehung der zweiten Stufe zu ermöglichen, wenn die zweite Stufe abgeschaltet ist. In der gleichen Weise ist eine Bypassleitung 776 mit einem Rückschlagventil 778 zu dem Verdichter 700 parallelgeschaltet, um eine Umgehung der ersten Stufe zu ermöglichen, wenn diese abgeschaltet ist, ebenfalls wie in Verbindung mit den vorhergehenden Ausführungsbeispielen besprochen. Die Verdampfer-Rückführleitungen 732, 744 und 752 können jeweils ein EPR-Ventil 780, 782 bzw. 784 enthalten, um sicherzustellen, daß der Druck und somit die Temperatur der Rückführleitungen nicht zu stark absinken. Die Anlage der Fig. 8 arbeitet in der gleichen Weise und benutzt die gleichen Regelungen wie die, die in Verbindung mit den vorhergehenden Ausführungsbeispielen beschrieben wurden.

3716393

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 16 393  
F 25 B 49/00  
15. Mai 1987  
19. November 1987

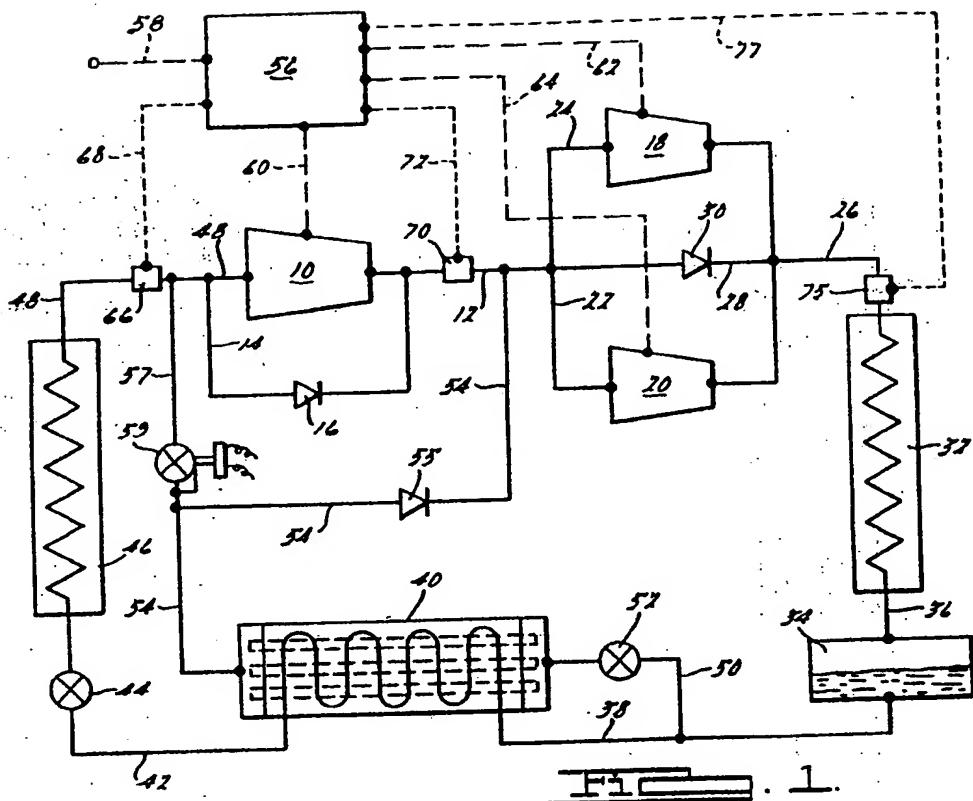


Fig. 1.

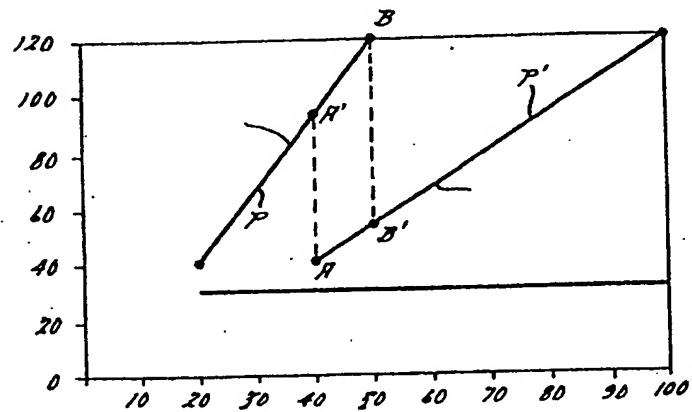
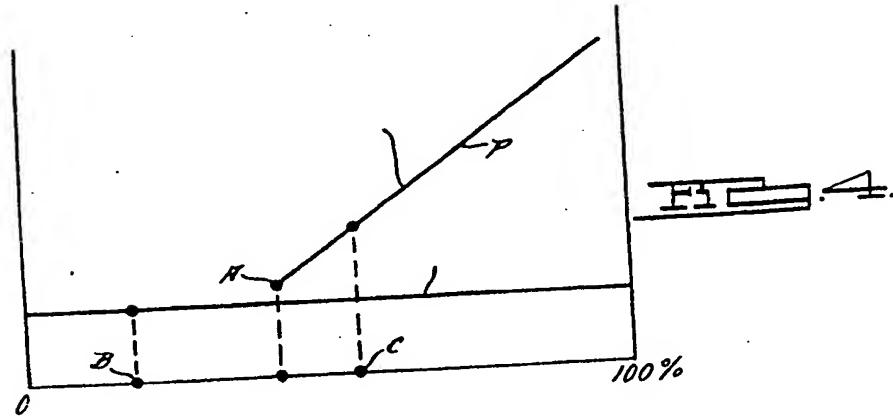
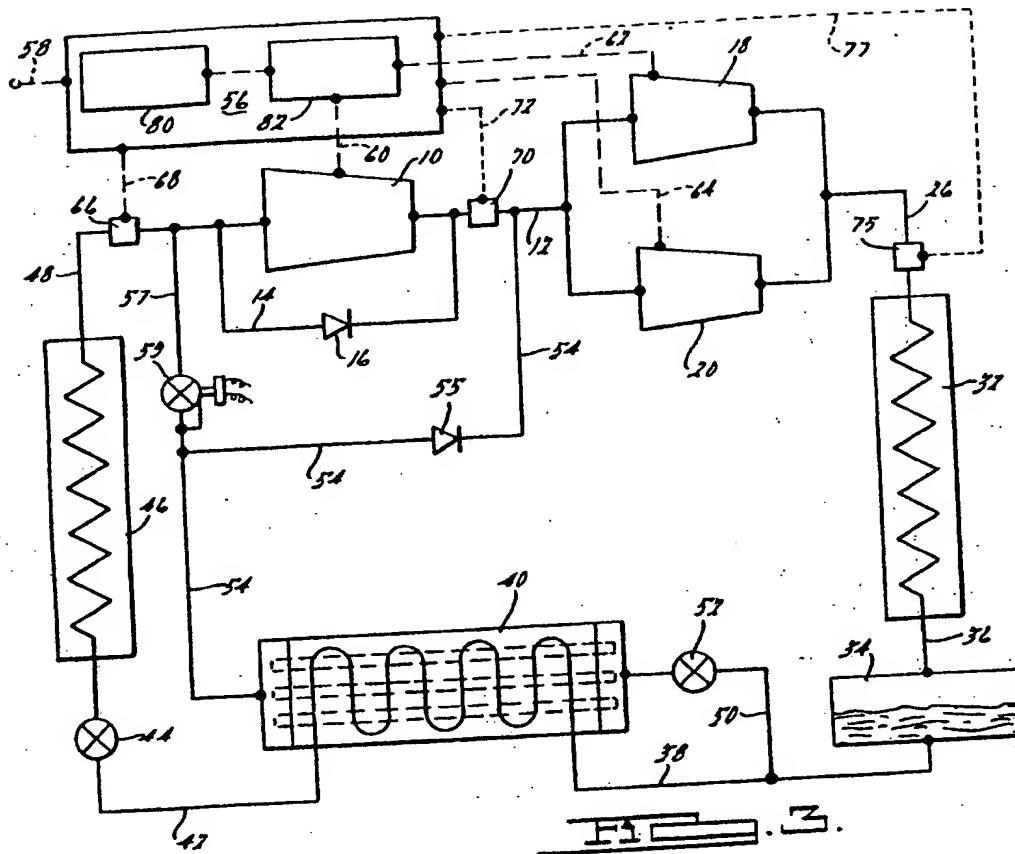


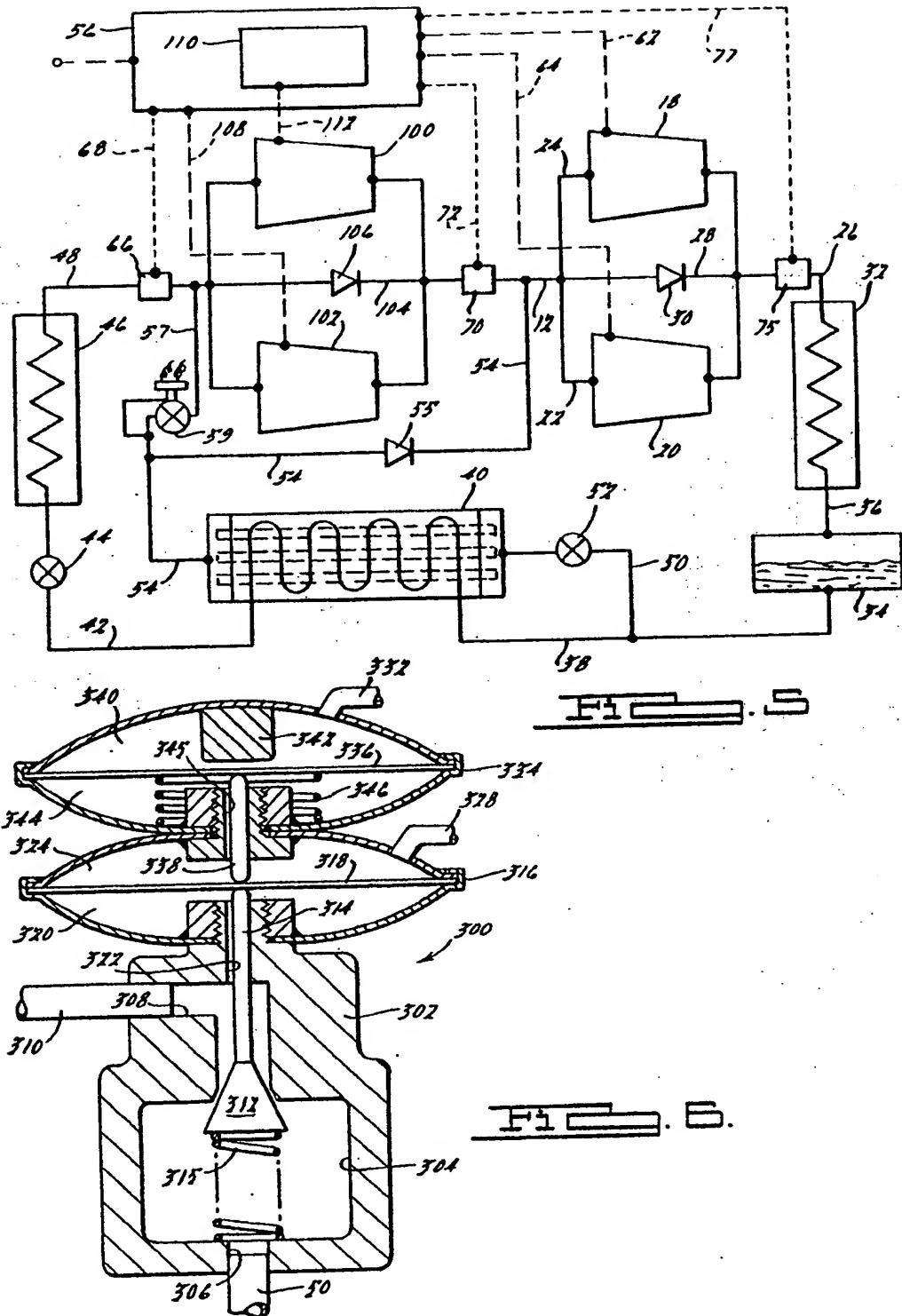
Fig. 2.

3716393



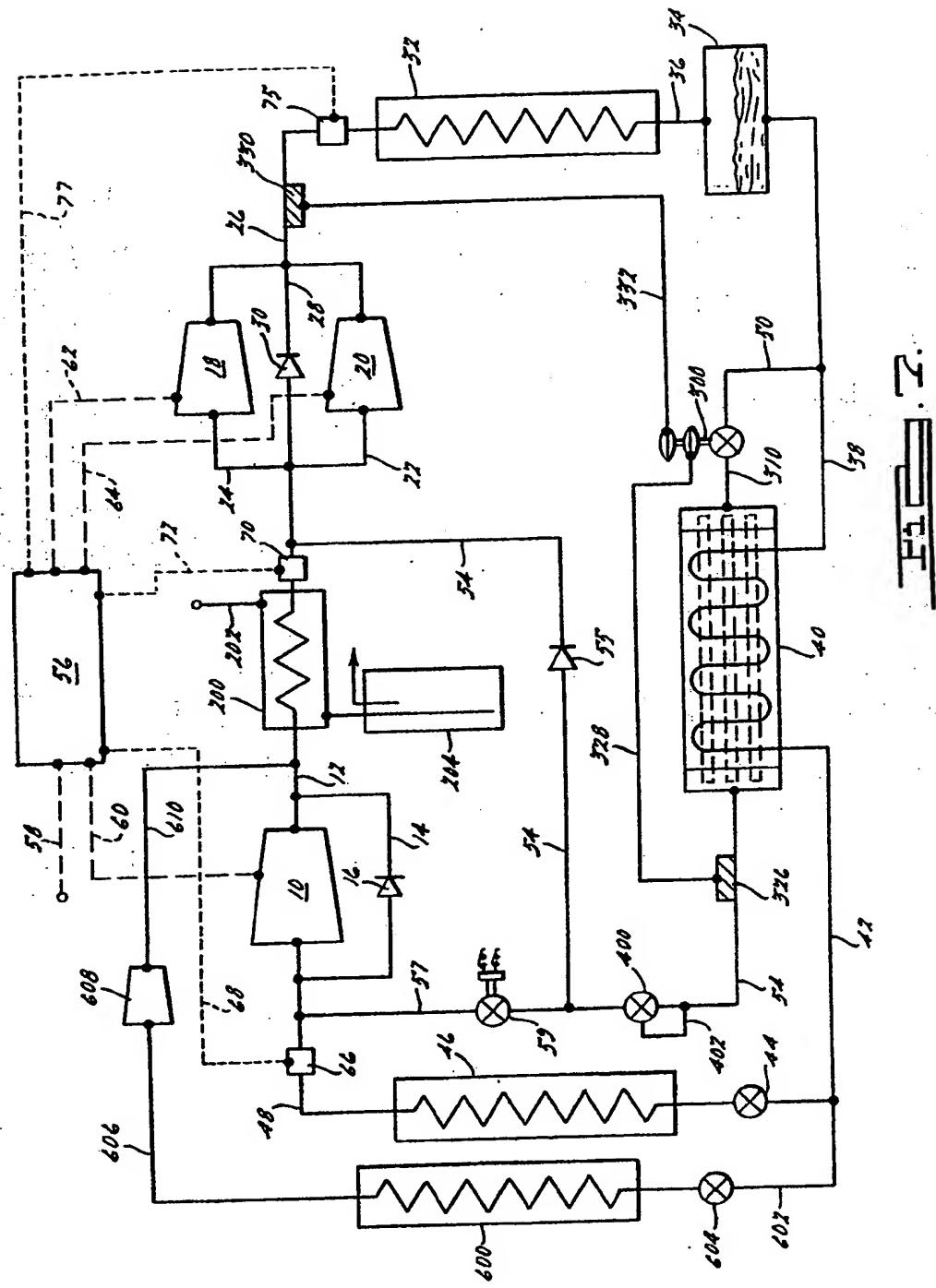
ORIGINAL INSPECTED

3716393



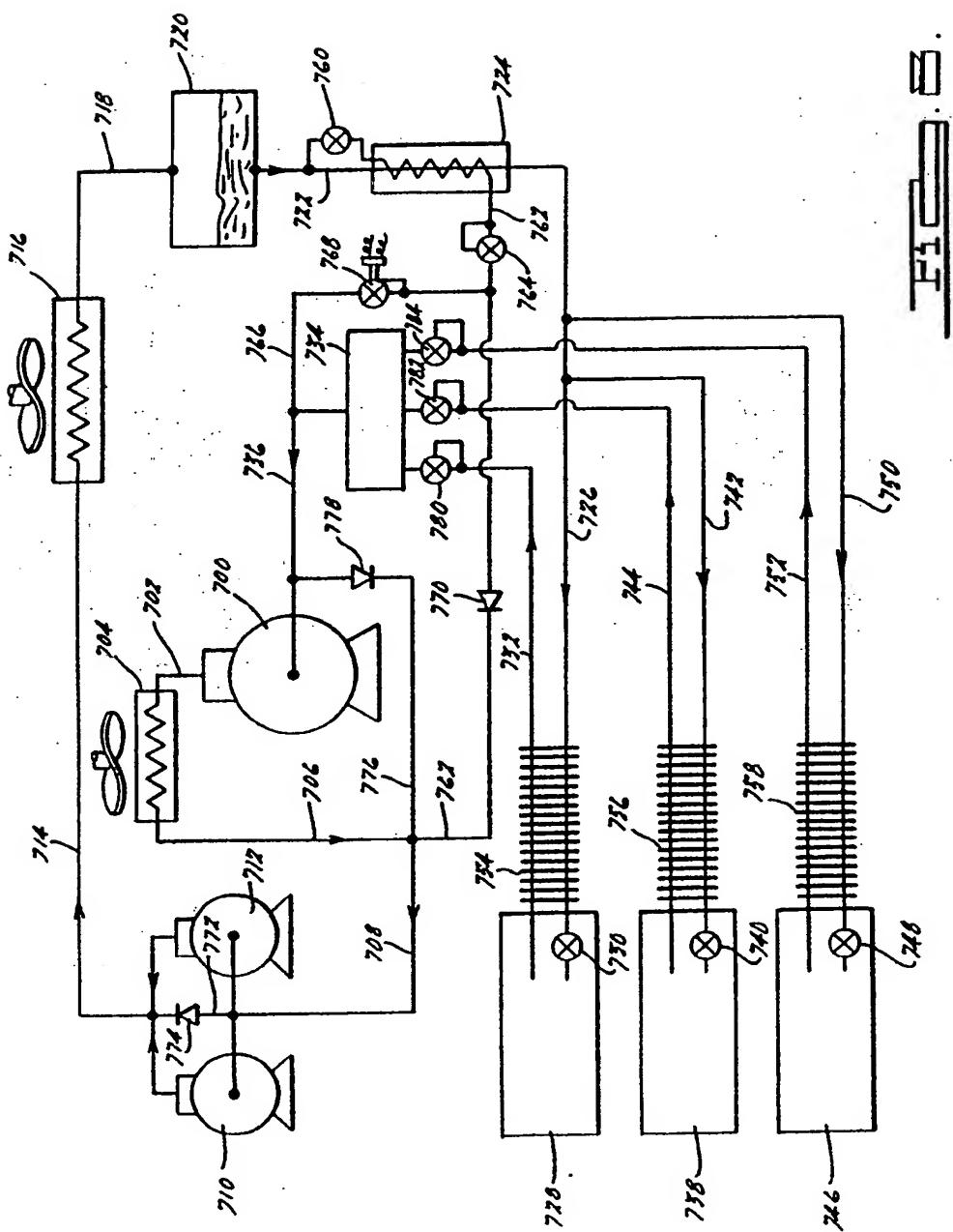
ORIGINAL INSPECTED

3716393



ORIGINAL INSPECTED

3716393



ORIGINAL INSPECTED